DIE REIZLEITUNG IM SÄUGETHIERHERZEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER MEDICINISCHEN DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN MEDICINISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

VORGELEGT VON

FRANZ SCHLÜTER

APPROB. ARZT IN ROSTOCK.

(MIT 13 TEXTFIGUREN.)

ACAD. MEDICINA NAT.

ROSTOCK

1902.

Gedruckt mit Erlaubniss der hohen medicinischen Fakultät.

Referent: Herr Professor **Langendorff.**

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER

HERRN

PROFESSOR LANGENDORFF

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549202_0015

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Rostock.)

Die Reizleitung im Säugethierherzen.

Von

Franz Schlüter.

(Mit 13 Textfiguren.)

Die Untersuchungen, über welche die nachfolgenden Mittheilungen berichten sollen, sind ausgeführt worden, um festzustellen, welche Richtung der Erregungsvorgang im schlagenden Warmblüterherzen nimmt, und mit welcher Geschwindigkeit er sich fortpflanzt.

Bekanntlich gehen in Bezug auf den erstgenannten Punkt die Ergebnisse der wenigen bisher vorliegenden Arbeiten auseinander. Fredericq (1) fand, dass bei jeder Kammersystole des Hundeherzens die Herzspitze negativ wird und dies während des grössten Teiles der Systole bleibt. Waller und Reid (2) sahen am ausgeschnittenen, allmählich absterbenden Säugethierherzen in der ersten Zeit einen einphasischen Actionsstrom, der sowohl von der Basis als von der Spitze seinen Ursprung nehmen konnte, so dass auf eine wahrscheinlich gleichzeitige Erregung aller Ventrikelstellen geschlossen werden musste. In einer späteren Abhandlung theilt Waller (3) mit, dass beim Menschen ein doppelphasischer Strom vorhanden sei, und hier stets die Herzspitze zuerst negativ werde. Andere Ergebnisse erhielten Bayliss und Starling (4). Nach ihnen schreitet beim Säugethierherzen ebenso, wie dies beim Kaltblüterherzen der Fall ist, normaler Weise bei jeder Kammersystole die Negativitätswelle von der Basis zur Spitze fort. Jede Schädigung des Herzens aber, sei sie mechanisch oder thermisch hervorgerufen, bewirke eine Veränderung dieses Verhaltens, so dass es ihnen nur beim Hundeherzen und bei sorgfältiger Vermeidung aller schädigenden Einflüsse gelang, den normalen Ablauf zu studieren.

Bei dieser Sachlage schien mir eine erneute Prüfung des elektrischen Verhaltens des Säugethierherzens nicht überflüssig, und ich

bin desshalb der Aufforderung des Herrn Prof. Langendorff, eine solche zu unternehmen, gern gefolgt[1]).

Die bisherigen Untersuchungen waren zumeist mittelst Bussole und Rheotom oder vermittelst des Kapillarelektrometers angestellt worden. Ich habe mich nach dem Vorschlage des Herrn Prof. Langendorff des stromprüfenden Nervmuskelpräparates bedient. Die von Kölliker und Müller (5) im Jahre 1856 zuerst beschriebenen secundären Zuckungen von Froschmuskeln, deren Nerv mit einem schlagenden Herzen in Berührung gebracht wird, haben schon mehrfach zum Ausgangspunkt für Untersuchungen von Warmblüterherzen gedient. Ich erinnere an die Arbeiten von Donders (6), Nuël (7), Marey (8). Die Ueberlegung, von der meine Versuche ausgingen, war folgende:

Brückt man über den linken oder rechten Ventrikel eines pulsirenden Säugethierherzens die mit ihren Wadenmuskeln zusammenhängenden beiden Nn. ischiadici eines Frosches, so sieht man die beiden Muskeln bei jeder Kammersystole eine Zuckung ausführen. Befindet sich der eine Nerv — sie seien beide quer über das Herz gelegt — näher der Spitze, der andere näher der Basis, so wird, wenn die secundären Zuckungen ihren Ursprung dem Actionsstrom verdanken, ein zeitlicher Unterschied in den beiden Zuckungen vorhanden sein, vorausgesetzt, dass der Actionsstrom wellenartig durch den Herzmuskel sich fortpflanzt. Schreitet, wie Bayliss und Starling auch für das Säugethierherz angegeben, die Negativitätswelle von der Basis zur Spitze fort, so wird das der Basis nähere Präparat frühere Zuckungen ausführen als das entferntere; bei umgekehrtem Verlauf (Waller) wird das Entgegengesetzte der Fall sein. Aus dem zeitlichen Abstand beider Zuckungen wird man die Fortpflanzung der Negativität durch den Herzmuskel, die Geschwindigkeit der Erregungsleitung in ihm messen können.

Versuchsanordnung.

Schon bei seinen ersten Versuchen über künstliche Durchströmung des Säugethierherzenz hatte Langendorff (9) gesehen, dass das überlebende und ernährte Herz der Katze kräftige secun-

1) Eine erste Mittheilung über diese Versuche hat Langendorff (11) in der naturforschenden Gesellschaft zu Rostock, eine andere beim internationalen Physiologencongress in Turin am 18. Sept. 1901 gemacht (s. Arch. ital. de Biologie t. 36 p. 51).

däre Zuckungen in einem damit verbundenen Nervmuskelpräparat erregt. Ich habe mich desshalb des nach dem Langendorff'schen Verfahren durchbluteten Herzens, das leicht in gewünschter Weise orientirt werden konnte, zu meinen Versuchen bedient. Es wurde dazu ein neuer Durchströmungsapparat benutzt, der in den letzten Jahren im Rostocker physiologischen Institut mehrfach zur Verwendung gekommen ist und sich bewährt hat. (Vorgezeigt in der Sitzung der naturforschenden Gesellschaft in Rostock am 10. Oct. 1899 [10]). Auf die sehr einfache Construction desselben soll hier nicht eingegangen werden, da er von anderer Seite noch beschrieben werden wird.

Für meine Versuche bot er den Vortheil, dass das an der „Anschlusskanüle" befestigte Herz auf einer schräg gestellten Glasplatte bequem so gelagert werden konnte, dass das Coronarvenenblut ohne die Ventrikeloberfläche zu benetzen abfloss, und dass die linke Kammer in grösserer Ausdehnung freilag.

Auf die Umgebung des Herzens mit einer Wärmekammer wurde meistens verzichtet, doch konnte die Temperatur des Herzens durch passende Regulirung des speisenden Blutstromes auf geeigneter Höhe gehalten werden. Wiederholt wurde, um jede Austrocknung zu vermeiden, im Laufe eines Versuches die Herzoberfläche mit warmer Kochsalzlösung berieselt.

In Fig. 1 ist die Versuchsanordnung wiedergegeben. *H* ist das Herz, das auf der schrägen Glasplatte *G* so ruht, dass das aus dem rechten Vorhofe ausfliessende Blut abtropfen kann. *A* ist die Anschlusskanüle, durch *z* mit der Blutflasche und durch die passend abgebogene Glasröhre *r* mit der Aorta des Herzens verbunden. Ein in einen konischen Stöpsel eingelassenes Thermometer *t* dient zur Messung der Temperatur des Blutes, kurz bevor es das Herz durchströmt. Die Nerven der beiden Muskeln *M* liegen auf der Oberfläche des Herzens. (Meistens wurden sie parallel zu einander in einem Abstande von 2 cm orientirt.) Die Schenkelknochen sind von unten her mit dem Muskelklemmenpaar *K* gefasst. Die beiden Sehnen stehen durch Metallhäkchen in Verbindung mit den beiden kurzen Armen eines Engelmann'schen Doppelschreibhebels (*D*). Zwei Stellschräubchen (*s*) erlauben die feinere Einstellung der beiden Aluminiumschreibspitzen gegen den Registrircylinder. Die Belastung der Muskeln war sehr gering, die Vergrösserung betrug 8 bis 10 oder mehr. Der mit berusstem Papier überzogene Cylinder hatte möglichst schnellen Gang und selbstthätige Senkung. Unter den Muskelschreibern zeichnete

eine automatische Stimmgabel von 100 v. d. die Zeit. Bei dem schnellen Gange der Trommel war es meist möglich, noch Achtel oder Zehntel der Stimmgabelschwingungen abzulesen.

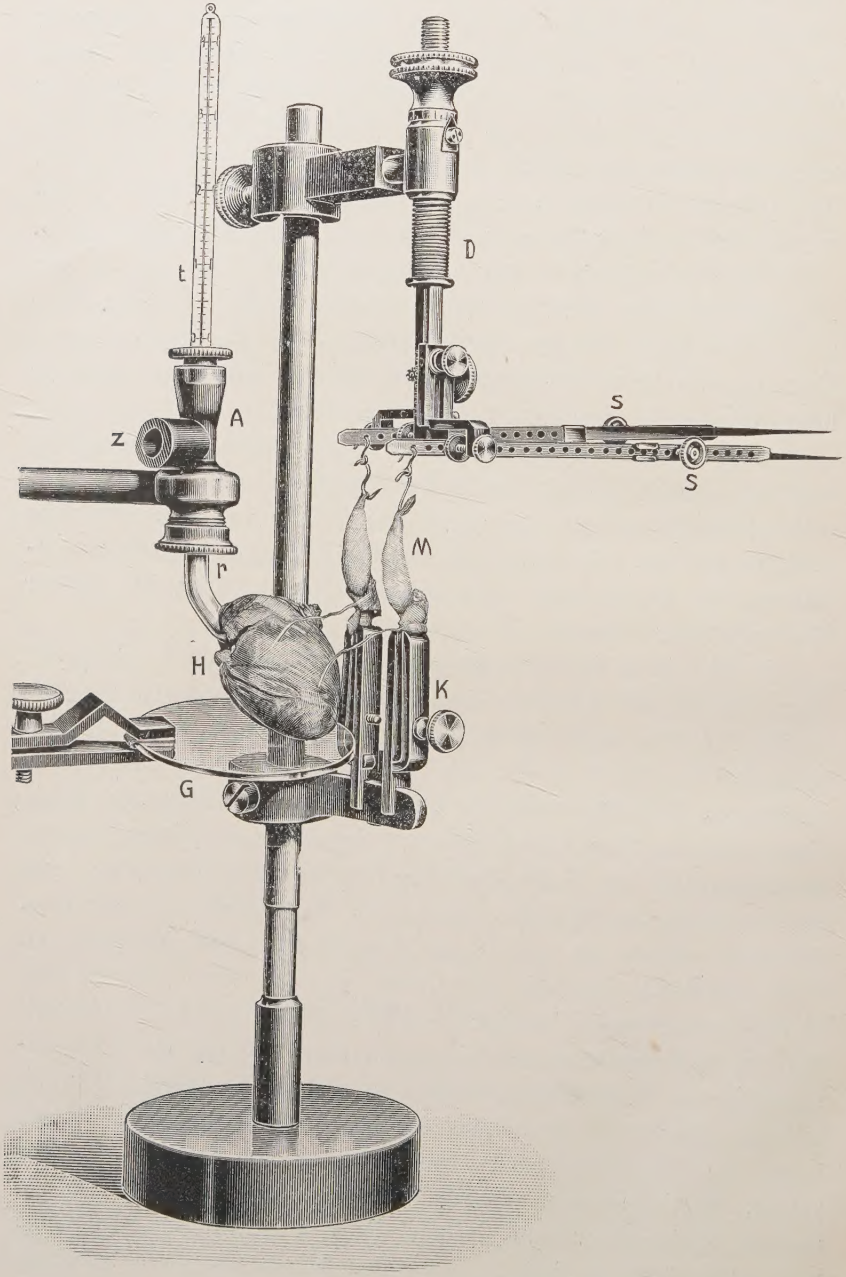

Fig. 1.

Die Ausmessung der Fusspunkt-Distancen geschah in mehreren Fällen mit Hülfe eines sehr genau gearbeiteten Curvenmesstisches, ohne dass jedoch eine merklich grössere Genauigkeit der Messung erreicht wurde als bei Verwendung von Millimeterlineal und Cirkel. Natürlich wurde der Horizontalabstand der Zeichenspitzen jedes Mal in Rechnung gezogen.

Fehlerquellen.

Die Fehler der Methode sind zunächst solche, wie sie allgemein bei graphischen Zeitbestimmungen in Betracht kommen. Wie wir bestrebt gewesen sind, sie auf ein möglichst geringes Maass zu reduciren, soll hier nicht erörtert werden.

Dagegen erfordern die aus den besonderen Versuchsverhältnissen sich ergebenden Fehlerquellen ein kurze Erörterung.

Die zeitliche Vergleichung zweier Muskelcurven kann nur dann genau sein, wenn sie congruent sind. Auf Congruenz mussten wir aber von vornherein Verzicht leisten, da es nicht in unserer Macht stand, die Reizung des einen Nerven ebenso stark wie die des anderen zu machen. Indess gelingt es doch sehr oft, Curvenpaare von nicht allzusehr verschiedenem Verlauf zu gewinnen.

Andere Fehler könnten sich aus einer Verschiedenheit der Latenzzeiten der beiden Muskeln und aus einer Differenz der Länge der beiden Nerven ergeben. Da die Präparate stets von demselben Thier stammten, fast gleichzeitig präparirt und gleichmässig behandelt waren, dürften grössere Latenzdifferenzen wohl ausgeschlossen sein. Die Nerven wurden so gelagert, dass die Lage der auf dem Herzen ruhenden Theile und der zwischen dem Herzen und dem Muskel befindlichen Abschnitte keine erhebliche Verschiedenheit aufwies. Selbst eine Differenz von 30 mm würde indessen das Ergebniss kaum beeinflusst haben, da der dadurch bedingte Zeitunterschied nur etwa 0,001 Secunde betragen hätte, ein Fehler, der für unsere Messungen nicht in Betracht kommen konnte.

Von grösserer Bedeutung scheint dagegen folgender Einwurf zu sein. Man könnte zweifeln, ob in der That das secundäre Präparat ausschliesslich auf den elektrischen Spannungsunterschied reagire, der durch die am Ort seiner Lagerung eintretende Erregung geschaffen wird, ob nicht vielleicht Stromzweige, die von anderen Stellen des Herzens sich verbreiten, örtliche Schwankungen vortäuschen könnten. In der That ist bei Gelegenheit einer Mit-

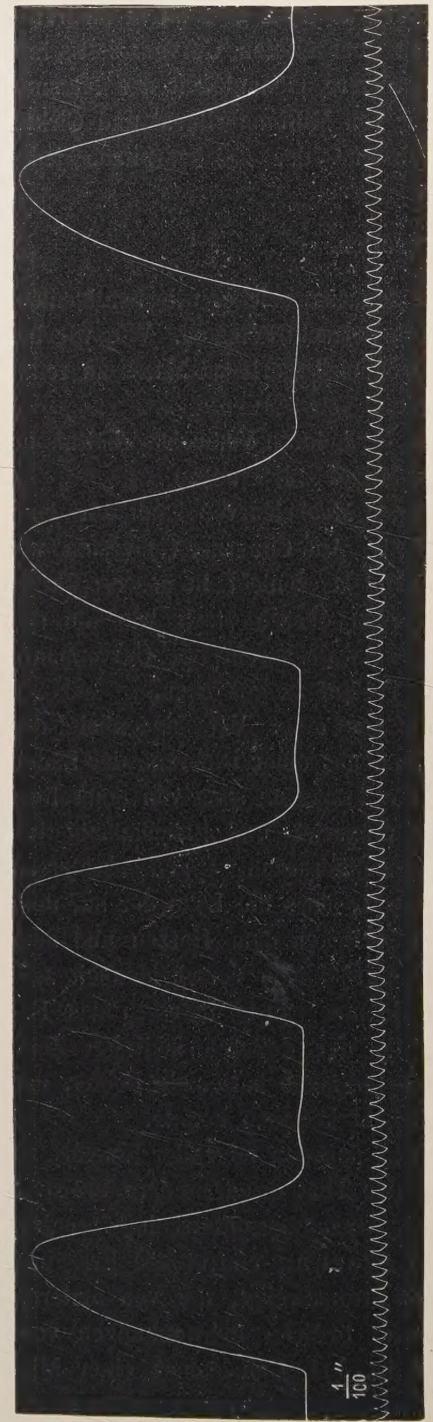

Fig. 2.

theilung, die Herr Professor Langendorff über die vorliegenden Versuche auf dem internationalen Physiologencongress in Turin im Sept. d. J. gemacht hat, dieser Vorwurf erhoben worden, und ist dabei besonders auf die bekannten Untersuchungen Waller's über die aus der Herzthätigkeit sich ergebende Spannungsvertheilung im Thierkörper hingewiesen werden.

Mir scheint dieser Einwurf unbegründet zu sein, da, wenn er zuträfe, nicht verständlich wäre, wie das secundäre Präparat, dessen Nerv auf einer bestimmten Stelle des Herzens liegt, bei jeder Systole der Ventrikel eine einzige und zwar nur einfache Zuckung ausführen könnte (siehe Fig. 2, die vom Herzen eines lebenden Kaninchens und Fig. 3, die vom überlebenden Katzenherzen stammt) und nicht vielmehr in untergeordnete Zuckungen verfallen müsste. Das beweist doch, dass nur das Maximum des Actionsstromes, nicht aber Zweigströme fähig sind, den Nerven zu erregen.

Man darf nicht vergessen, dass die Waller'schen und die sich daran schliessenden Uutersuchungen von Einthoven mit Hülfe ungeheuer

empfindlicher Capillarelektrometer angestellt sind, die viel geringere Spannungsdifferenzen nachweisen als der empfindlichste Nerv.

Ich habe auf Veranlassung von Herrn Prof. Langendorff, der ähnliche Versuche mit demselben Misserfolg schon vor mehreren Jahren angestellt hat, versucht, ob man durch Ableitung verschiedener Körperstellen beim Menschen, an denen nach Waller und Einthoven deutlich nachweisbare Potentialdifferenzen in Folge der Herzthätigkeit auftreten, im Stande sei, Nervmuskel-Präparate zu erregen. Selbst bei den günstigsten Ableitungen bleiben die äusserst empfindlichen Präparate völlig in Ruhe. Ich orientirte den Froschnerven direct auf der Brust und über dem Herzen in den ver-

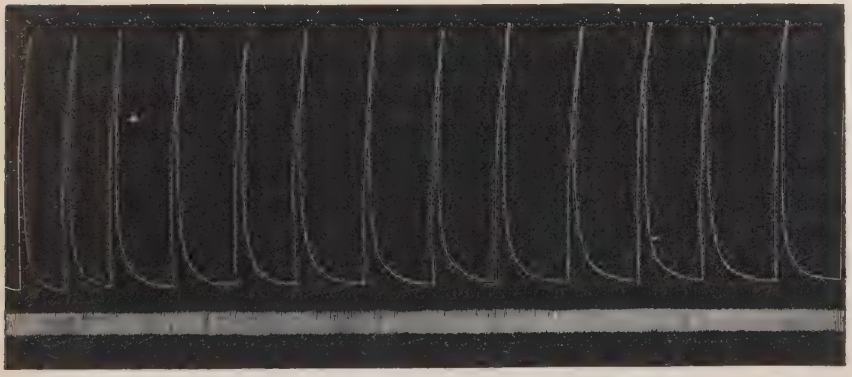

Fig. 3.

schiedensten Richtungen, ohne je eine Zuckung des Muskels zu erhalten. Ich tauchte ferner die Zeigefinger der beiden Hände in die du Bois-Reymond'schen Zuleitungsgefässe, die durch unpolarisirbare Elektroden und Leitungsdrähte mit Nervenmuskel-Präparaten verbunden waren, oder ich leitete mit einem Paar Pinselelektroden von der Stelle des Spitzenstosses und der rechten Hand ab und verband die von diesem ausgehenden Leitungsdrähte mit einem zweiten unpolarisirbaren Elektrodenpaar, auf dem der Nerv lag — niemals trat das geringste Anzeichen einer Erregung des Muskels ein.

Desshalb glaube ich, den obigen, auch von uns selbst erhobenen Einwand zurückweisen zu dürfen und zu der Annahme berechtigt zu sein, dass die secundäre Zuckung ein Symptom allein der durch die Applicationsstelle hindurchtretenden Erregung ist.

Ergebnisse.

Dass man durch Auflagerung eines Froschnerven auf das schlagende Herz einfache Zuckungscurven von dem zugehörigen Muskel gewinnt, ist seit den Untersuchungen von Donders, Marey (8) u. A. bekannt.

In Fig. 2 theile ich Aufzeichnungen dieser Art mit, die vom freigelegten Herzen eines lebenden, tief betäubten, mit künstlicher Athmung versehenen Kaninchens stammen; Fig. 3 gibt die secundären Zuckungen wieder, die ein ausgeschnittenes, künstlich durchblutetes Herz von der Katze bei querer Auflagerung des Nerven erregte. Wird das secundäre Präparat längere Zeit benutzt, so stellen sich oft tetanoide, zuweilen mehrgipfelige Zuckungscurven ein, die indessen nichts mit mehrphasischen Actionsströmen u. dgl. zu thun haben, da, wie ich mich überzeugen konnte, ein solcher Nerv, vom Herzen abgenommen, auch einen einzelnen Oeffnungs-Inductionsschlag mit gleich aussehenden Contractionen beantwortet. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um eine Wirkung des die Herzoberfläche benetzenden Blutes oder der Kochsalzlösung, mit der sie von Zeit zu Zeit überrieselt wurde.

Ruhen die beiden Nerven zweier Präparate in möglichst paralleler Lage auf der linken Kammer des isolirten Herzens, so werden bei regelmässiger Herzthätigkeit Aufzeichnungen geliefert, wie sie Fig. 4 darstellt (*b* bedeutet in allen Figuren das der Basis, *s* das der Spitze näher gelegene Präparat). Bei grosser Trommelgeschwindigkeit und passend erhöhter Vergrösserung der Muskelbewegungen durch die Schreibhebel gewinnt man Aufzeichnungen, die, wie Fig. 5 und 6 und die späteren Abbildungen zeigen, eine Messung der etwaigen zeitlichen Verschiebung gut möglich machen.

Untersucht man nun an einem hinlänglich grossen Material von Aufzeichnungen, welches von den beiden Muskelpräparaten früher zuckt als das andere, und wie gross der zeitliche Abstand der Fusspunkte zusammengehöriger Curvenpaare ist, so ergeben sich dreierlei Fälle: Entweder zuckt das basale Präparat früher als das der Spitze nähere, oder sie zucken beide gleichzeitig, oder endlich das Spitzenpräparat geräth früher in Contractionen als das Basispräparat. Zuweilen werden alle drei Fälle während einer und derselben Versuchsreihe, d. h. bei Benutzung eines und desselben Herzpräparates, beobachtet; am

häufigsten fehlt der Fall der Synchronie, und immer ist, auch wenn er vorhanden, die Zeit seines Auftretens nur sehr kurz. Es kommen aber auch Fälle vor, wo während eines Versuches immer das Basis-

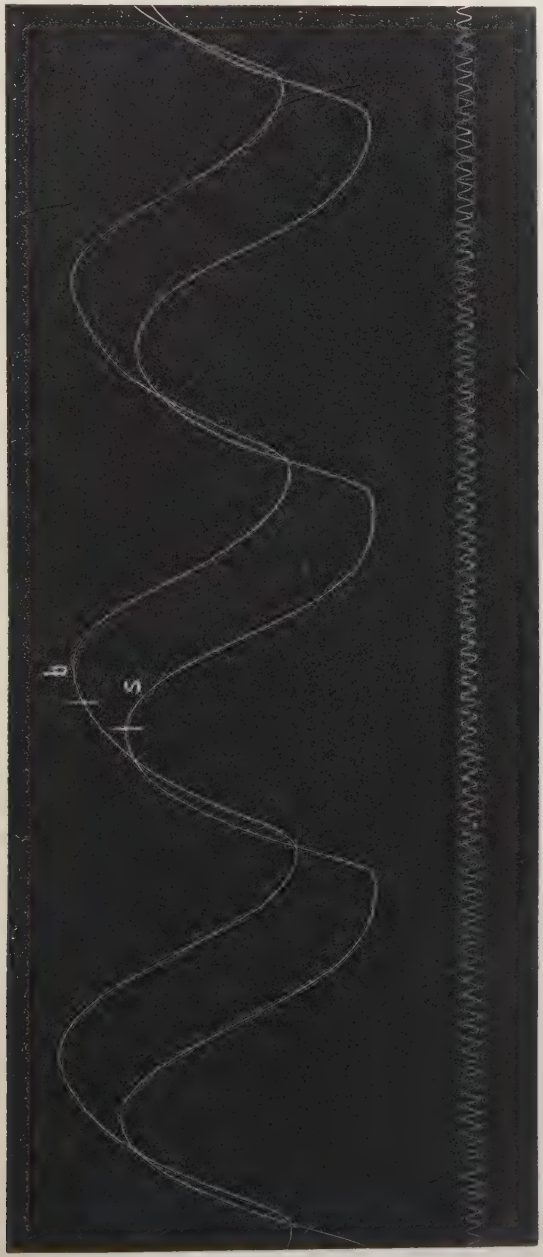

Fig. 4.

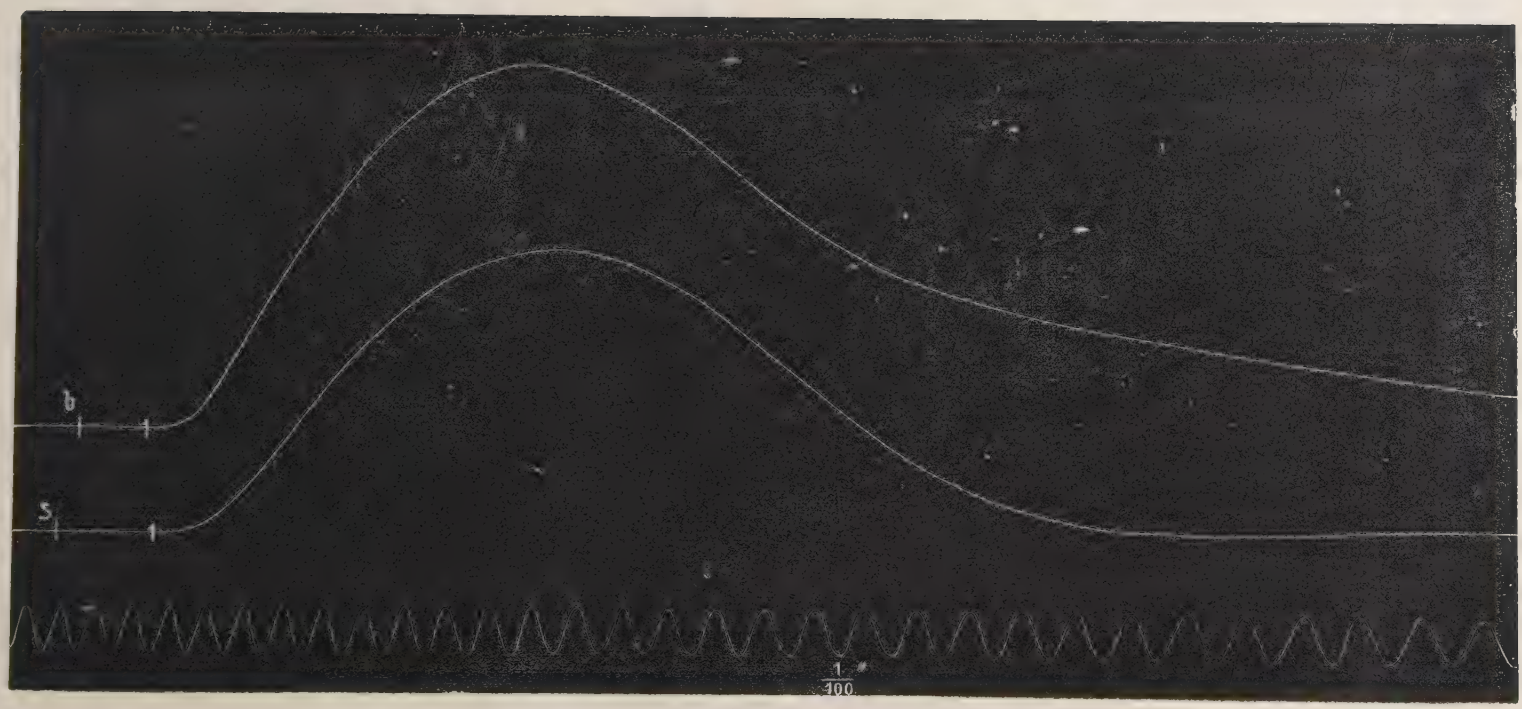

Fig. 5.

Fig. 6.

präparat vorschlägt, oder — und das ist weit häufiger der Fall — wo das Spitzenpräparat stets vorangeht.

In der Regel ist der Verlauf so, dass anfänglich *b* vor *s*, in späteren Stadien *s* vor *b* kommt. Ob ein mittleres Simultanstadium dann vorhanden war und nur bei seiner Flüchtigkeit der Beobachtung entgangen ist, oder ob es gänzlich fehlte, lässt sich schwer sagen. Fig. 5 und 6, von demselben Herzen geliefert, erläutern die beiden Hauptstadien in anschaulicher Weise. Man erkennt, dass in Fig. 5 *b*, in Fig. 6 *s* den Vorrang behauptet. In Fig. 7 ist — aus einem anderen Versuch — eine Aufzeichnung wiedergegeben, in der *b* vor *s* zuckt, während — wieder einem

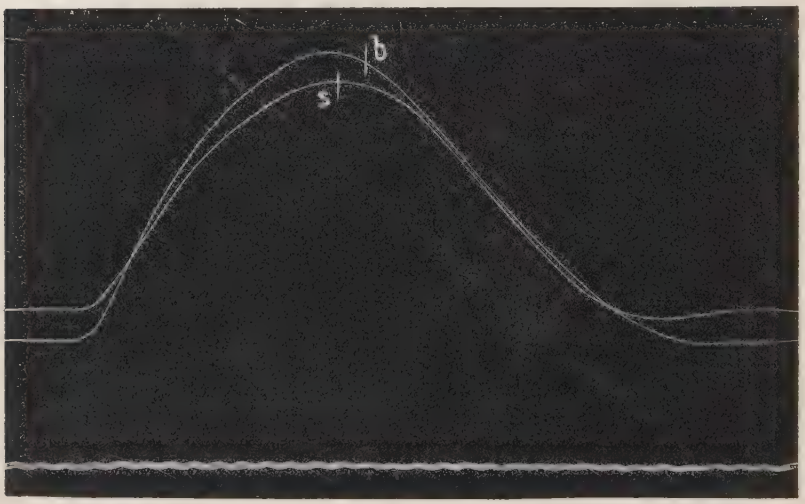

Fig. 7.

anderen Versuch entstammend — Fig. 8 den früheren Eintritt der *s*-Zuckung darstellt. In Fig. 9 handelt es sich um ein absterbendes Herz, das insofern sich abnorm zeigte, als hier andauernd der *b*-Muskel um eine ungewöhnlich lange Zeit dem *s*-Muskel voraneilte. Die Zeitdifferenz betrug hier im Mittel von 5 Beobachtungen, die unter einander wenig abweichen, 0,04 Secunde für einen parallelen Abstand der Nerven von 20 mm. Berechnet man danach die Geschwindigkeit der Negativitätswelle, so ergibt sich dieselbe nur zu 500 mm pro Secunde.

Ganz anders im frischen und kräftig schlagenden Herzen, bei denen — unter der Voraussetzung, dass eine solche Welle besteht — ihre Geschwindigkeit sowohl in dem

einen als in dem anderen Sinne fast immer zwischen 2 und 4 mm per Secunde schwankt. Die mitgetheilten Messungstabellen geben über diese Dinge Auskunft. Zu ihrer

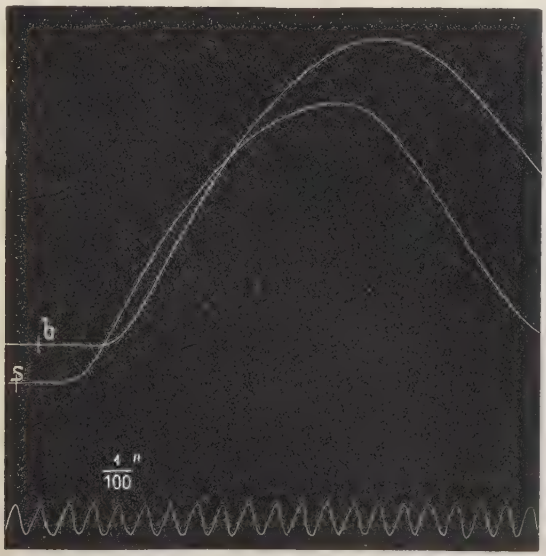

Fig. 8.

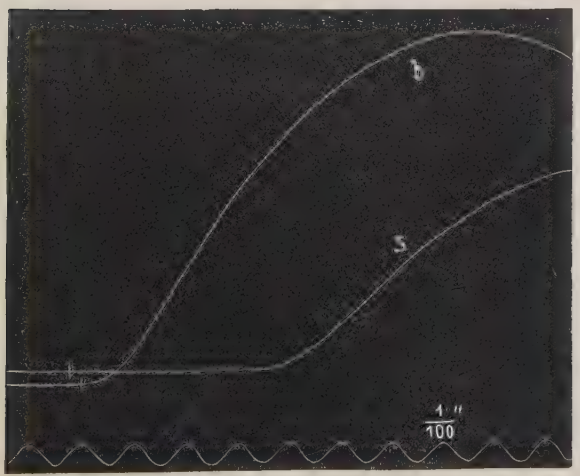

Fig. 9.

Erläuterung sei nur angeführt, dass beim Vorschlagen des *b*-Muskels die die Zeitdifferenz angebende Zahl mit +, beim Vorschlagen des *s*-Muskels mit — bezeichnet ist. Von dem Standpunkte aus, dass

die Erregung und damit die Negativität wellenartig durch den Herzmuskel und zwar normaler Weise von der Basis zur Spitze hin verläuft, könnte man von rechtläufigen und rückläufigen

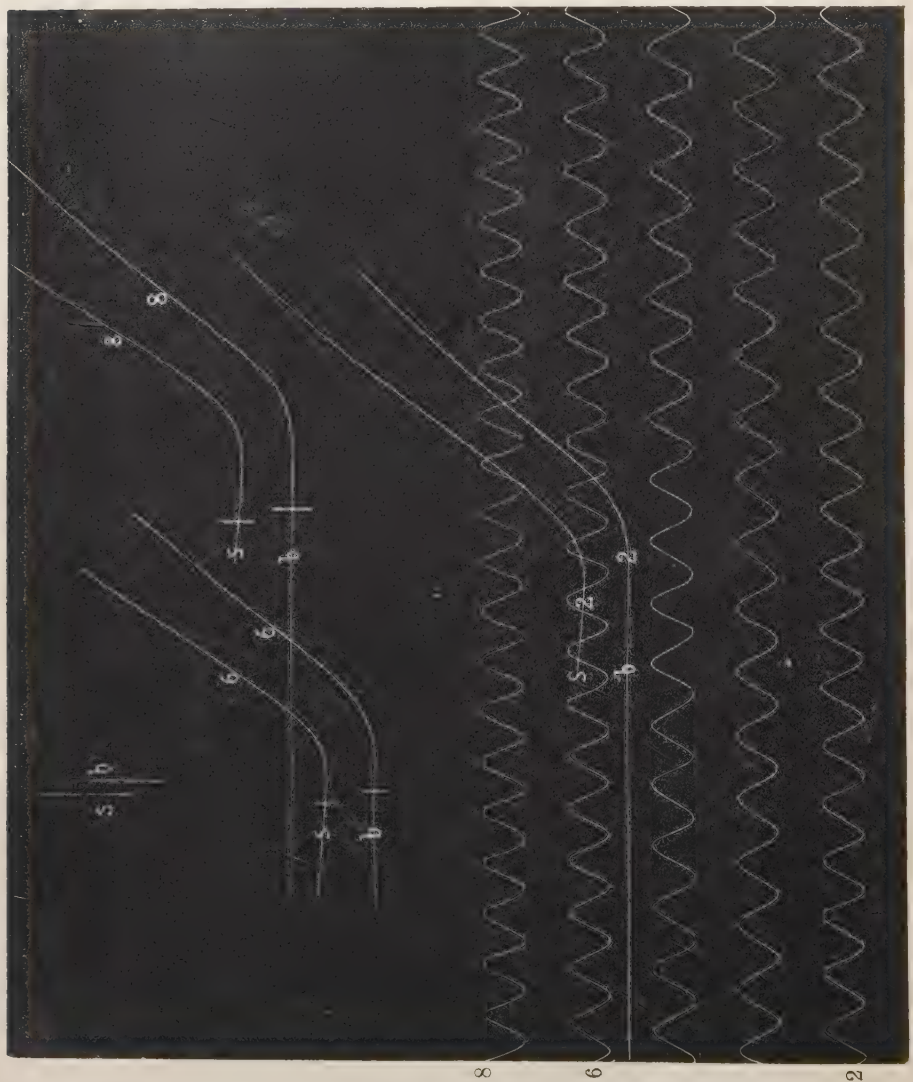

Fig. 10.

Wellen sprechen. Fig. 5, 7 und 9 würden dann rechtläufige, Fig. 6 und 8 rückläufige Wellen illustriren. In Fig. 4 dagegen beginnen die beiden Zuckungen fast gleichzeitig.

In Fig. 10 theile ich einen Theil der Aufzeichnungen mit, die am Herzen des lebenden Thieres (Kaninchen) gewonnen wurden

(s. sp. Vers. IX). In fast allen drei Curven zuckte das *s*-Präparat früher als das *b*-Präparat. Das war auch bei den übrigen Aufzeichnungen dieses Versuches der Fall (Zeitdifferenz — 0,001 bis 0,0033 Secunde für 20 mm) mit Ausnahme eines einzigen Paares, bei dem die Distance der Anfangspunkte der beiden Zeichnungen gleich Null war. Es muss aber bemerkt werden, dass dieser Versuch in keiner Weise als maassgebend bezeichnet werden darf, da das Thier tief betäubt und das Herz, um die präcise Auflagerung der Nerven zu erlauben, aus dem Thorax möglichst herausgedrängt, mit Wattepolstern u. dgl. versehen werden musste und in Folge der mit ihm vorgenommenen Manipulationen nur sehr wenig kräftig pulsirte [1]).

Dabei sei die Bemerkung eingeschaltet, dass schwach pulsirende Herzen oft sehr starke secundäre Wirkungen zeigen; dass z. B. ein im verbluteten Thiere absterbendes Herz kräftige secundäre Zuckungen des Zwerchfells (durch Vermittlung des N. phrenicus) noch zu einer Zeit auslösen kann, wo die Energie seiner eigenen Contractionen bereits auf ein Minimum heruntergegangen ist. Aehnliches gilt vom ungenügend durchströmten isolirten Herzen.

Versuchstabellen.

Zur Erläuterung derselben sei angeführt, dass die Versuchsergebnisse rein chronologisch gegliedert sind, dergestalt, dass die Ausmessungsergebnisse jeder einzelnen Tafel einer Versuchsreihe für sich mitgetheilt wurden. Zwischen zwei Tafeln liegt immer eine Pause, während deren der Registrircylinder gewechselt, das Herz

---

1) Ich kann überhaupt nicht finden, dass bei Untersuchungen dieser Art das Experiment am lebenden Thier irgend welchen Vorzug vor dem am isolirten Herzen angestellten besitzt, ja ich bin sogar vom Gegentheil überzeugt. Ein isolirtes, künstlich ernährtes Herz, das viele Stunden lang kräftig pulsirt (siehe Rusch, dieses Archiv Bd. 73 S. 549) ist sicher mindestens ebenso normal, wie das bei eröffnetem Thorax unter künstlicher Athmung pulsirende Herz eines lebenden, aber doch mit narkotisirenden und lähmenden Giften behandelten Thieres. Nur wenn es sich darum handelt, gewisse weitergehende Fragen zu beantworten, dürfte das letztere den Vorzug verdienen. Ich habe dabei vor allem die Frage im Auge, ob ein Herz, an welchem der Versuch nachweist, dass hier die Erregungswelle regelmässig von der Spitze zur Basis („rückläufig") gerichtet ist, im Stande ist, den Blutlauf im Thier in normaler Weise zu unterhalten. Ein solcher Versuch würde für die Entscheidung der Peristaltikfrage von grosser Bedeutung sein. Langendorff.

mit warmer Kochsalzlösung berieselt, die Nerven aufgehoben und mit Kochsalz- oder Ringerlösung befeuchtet werden. In Versuch V sind die Ergebnisse der Versuche einer jeden Tafel nur summarisch mitgetheilt, da sie unter einander nicht abweichen. Fast alle Versuche stammen vom überlebenden Katzenherzen, die unter Blutdurchspülung gehalten wurden. Nur Versuch IX enthält, wie erwähnt, die Beobachtungen, die am Herzen eines lebenden Thieres (Kaninchen) angestellt worden sind. Hier ist nur eine kleine Zahl von Messungen gemacht worden, die aber genügen, um zu zeigen, dass die gewonnenen Zahlenwerthe von derselben Ordnung sind wie beim isolirten Herzen.

Die Vorzeichen + und — haben die oben angegebene Bedeutung, d. h. + bedeutet *b* vor *s*, — *s* vor *b*. Der Abstand der Nerven betrug fast immer 2 cm. Mit völliger Genauigkeit wurde dieser Abstand nicht festgehalten. Ueberhaupt können alle Bestimmungen nur als angenähert richtige angesehen werden. Dies gilt besonders auch von der Angabe, dass der Zeitabstand gleich Null sei. In diesen Fällen wäre es ebenso gut möglich, dass eine sehr kleine positive oder negative Zeitdifferenz vorhanden war, die sich der Messung entzog.

Versuch I. 7. Januar 1901.

Grosser Kater. Herz bei Tafel I noch ungenügend durchströmt, daher die abnorm grossen Zeitwerthe.

Tafel 1.

a) + 0,040	c) + 0,045	e) + 0,080
b) + 0,045	d) + 0,075	f) + 0,085

Tafel 2.

a) + 0,005	f) — 0,005	l) 0
b) 0	g) 0	m) + 0,005
c) 0	h) + 0,005	n) 0
d) 0	i) + 0,005	o) 0
e) — 0,005	k) + 0,005	

Tafel 3.

a) — 0,010	f) — 0,010	l) — 0,005
b) — 0,005	g) — 0,005	m) — 0,005
c) — 0,005	h) — 0,005	n) — 0,005
d) — 0,005	i) — 0,005	o) — 0,005
e) — 0,010	k) — 0,005	

Versuch II. 8. Januar 1901.

Grosser Kater.

Tafel 1.

a) + 0,020
b) + 0,020
c) + 0,020
d) + 0,020
e) + 0,020
f) + 0,020
g) + 0,015

Tafel 2.

a) + 0,005
b) + 0,005
c) + 0,010
d) + 0,010
e) + 0,010

Tafel 3.

a) + 0,030
b) + 0,010
c) + 0,005
d) — 0,030

Versuch III. 17. Januar 1901.

Katze. Nerven vor dem Beginn des Versuchs in Ringer'scher Lösung aufbewahrt. Abstand der Nerven in Tafel 1 = 3 cm, in den übrigen 2 cm.

Tafel 1.

a) 0
b) + 0,005
c) 0
d) 0
e) + 0,005
f) 0
g) + 0,005
h) + 0,005
i) + 0,005
k) 0

Tafel 2.

a) 0
b) 0
c) + 0,005
d) 0
e) 0
f) + 0,005
g) 0

Tafel 3.

a) — 0,005
b) — 0,005
c) — 0,005
d) — 0,015
e) — 0,005
f) — 0,005
g) — 0,005
h) — 0,005
i) — 0,005

Versuch IV. 23. Januar 1901.

Kater. Nerven vorher in Ringerlösung.

Tafel 1.

a) + 0,005
b) + 0,005
c) + 0,010
d) + 0,005
e) + 0,005

Tafel 2.

a) + 0,010
b) + 0,010

Tafel 3.

a) 0
b) + 0,010
c) + 0,010
d) + 0,005
e) 0
f) 0
g) 0
h) 0
i) — 0,005
k) — 0,005
l) — 0,005
m) 0
n) — 0,005
o) — 0,005
p) — 0,005
q) — 0,005
r) 0

Tafel 4.

a) — 0,010	e) — 0,010	i) — 0,010
b) — 0,010	f) — 0,010	k) — 0,010
c) — 0,010	g) — 0,010	l) — 0,010
d) — 0,010	h) — 0,010	m) — 0,010

Tafel 5.

a) — 0,010	k) — 0,010	t) — 0,010
b) — 0,010	l) — 0,010	u) — 0,010
c) — 0,010	m) — 0,010	v) — 0,010
d) — 0,010	n) — 0,020	w) — 0,010
e) — 0,010	o) — 0,010	x) — 0,005
f) — 0,010	p) — 0,010	y) — 0,005
g) — 0,010	q) — 0,010	z) — 0,010
h) — 0,015	r) — 0,010	z^1) — 0,005
i) — 0,015	s) — 0,010	

Tafel 6.

a) — 0,005	i) — 0,010	r) — 0,005
b) — 0,005	k) — 0,020	s) — 0,005
c) — 0,005	l) — 0,010	t) — 0,005
d) — 0,010	m) — 0.010	u) — 0,010
e) — 0,010	n) — 0,010	v) — 0,005
f) — 0,010	o) — 0,010	w) — 0,005
g) — 0,015	p) — 0,010	x) — 0,005
h) — 0,010	q) — 0,010	y) — 0,005

Versuch V. 7. März 1901.

Hier sind nur die aus den mit einander völlig übereinstimmenden Einzelversuchen einer jeden Tafel hervorgehenden Mittelzahlen angeführt; bei jeder Tafel wurden 4—5 Messungen gemacht.

Tafel 1. + 0,010.
Tafel 2. — 0,005.
Tafel 3. — 0,005.
Tafel 5. — 0,010.
Tafel 6. — 0,010.

Versuch VI. 30. August 1901.

Katzenherz. Befindet sich behufs genauerer Regulirung seiner Temperatur in einer aus Glas und Glimmer verfertigten Wärmekammer. Die Messungen sind trotz der Benutzung eines mikrometrischen Messtisches weniger zuverlässig als die vorhergehenden, weil die Aufzeichnungen ein genaues Erkennen der beginnenden Curvenerhebung nicht gestatteten. Daher möglicher Weise die ganz ungewöhnlichen Sckwankungen der gemessenen Werthe, besonders auf Taf. 3.

Tafel 1.

a) + 0,010	l) + 0,010	u) + 0,020
b) + 0,020	m) + 0,010	v) + 0,020
c) + 0,020	n) + 0,010	w) + 0,020
d) + 0,008	o) + 0,010	x) + 0,030
e) 0	p) + 0,020	y) + 0,020
f) + 0,001	q) + 0,020	z) 0
g) 0	r) 0	z^1) + 0,020
h) + 0,010	s) + 0,020	z^2) 0
i) 0	t) + 0,020	z^3) + 0,030
k) + 0,010		

Tafel 3.

a) — 0,005	o) — 0,018	a^1) — 0,015
b) — 0,010	p) — 0,044	b^1) — 0,040
c) — 0,005	q) — 0,027	c^1) — 0,027
d) — 0,025	r) — 0,044	d^1) — 0,018
e) — 0,030	s) — 0,032	e^1) — 0,027
f) — 0,020	t) — 0,040	f^1) — 0,025
g) — 0,030	u) — 0,018	g^1) — 0,025
h) — 0,020	v) — 0,025	h^1) — 0,032
i) — 0,030	w) — 0,040	i^1) — 0,023
k) — 0,030	x) — 0,043	k^1) — 0,014
l) — 0,026	y) — 0,050	l^1) — 0,025
m) — 0,036	z) — 0,032	m^1) — 0,031
n) — 0,018		

Versuch VII. 3. September 1901.

Herz in der Wärmekammer. Pulsirt sehr schlecht. Durchblutung bei Maximaldruck gering. Das Herz stammt von einem sehr elenden Thier. An zwei Stellen Sehnenflecke.

Tafel.

a) + 0,045	d) + 0,045	g) + 0,0433
b) + 0,0425	e) + 0,0425	h) + 0,0475
c) + 0,0475	f) + 0,045	

Versuch VIII. 6. September 1901.

Grosser Kater. Herz sehr kräftig. Wärmekammer.

Tafel 1.

a) + 0,005	b) + 0,015	c) + 0,0125

Tafel 3.

a) + 0,005	b) + 0,004	c) + 0,004

Tafel 4.

a) + 0,0056	b) + 0,010

Tafel 5.

a) — 0,008	d) — 0,0075
b) — 0,0125	e) — 0,008
c) — 0,0075	

Versuch IX. 9. September 1901.

Lebendes Kaninchen. Chloralhydratnarkose. Thorax eröffnet. Künstliche Athmung. Perikard gespalten und an die Brustwand angenäht. Wattepolster erhalten das Herz in passender Lage. Als der Versuch beginnt, ist das Herz schon sehr elend.

Tafel.

a) 0	d) — 0,001
b) — 0,0025	e) — 0,0025
c) — 0,0033	

Uebersicht.

Es liegt in der Natur der Sache, dass Zeitmessungen dieser Art nicht immer gleiche Ergebnisse liefern können. In den gut gelungenen Versuchen sind aber die Resultate von sehr bemerkenswerther Gleichmässigkeit. In solchen kommen positive Vorzeichen — also Vorangehen der Basis — nur im Anfang vor. Die Werthe von 0 kommen nur kurze Zeit vor, die bei Weitem meisten Werthe sind negativ, d. h. ein früheres Zucken des der Spitze zunächst gelegenen Präparates andeutend. Eine Ausnahme macht Versuch VII, wo nur positive Werthe erlangt worden sind — allerdings waren hier nur acht Einzelversuche zur Messung brauchbar —, und Versuch II, wo nur eine einzige, die letzte, Messung einen negativen Werth lieferte. Gar keinen positiven Werth gab das im lebenden Thier untersuchte Herz (Versuch IX).

Im Ganzen sind über 275 Messungen ausgeführt worden; lassen wir Versuch VII, den wenig Vertrauen verdienenden Versuch VI und den am lebenden Kaninchen angestellten Versuch IX bei Seite, so zeigen die übrigen auch unter einander sehr gut übereinstimmende Zahlen. Eine kurze Betrachtung der in ihnen gewonnenen Werthe macht dies deutlich.

In Versuch I sind 34 Messungen gemacht. Die erste Tafel (6 Messungen) lieferte abnorm hohe Werthe (0,040 bis 0,085 Sec.). Offenbar war der Blutlauf im Herzen hier noch nicht lange genug im Gange. Unter den übrigen 28 Messungen findet sich die Zahl

± 0,005	Sec.	18	Mal,
— 0,010	„	7	„
0	„	3	„

In Versuch II sind 16 Messungen ausgeführt:

+ 0,020 Sec. 6 Mal (nur erste Tafel!)
+ 0,010 „ 4 „
+ 0,005 „ 3 „
± 0,030 „ 2 „
+ 0,015 „ 1 „

In Versuch III kam bei Taf. 1 die Zahl 0,005 Sec. unter 10 Messungen 5 Mal, ebenso oft der Werth 0 vor. Die Zahl 0,005 muss aber, da hier der Nervenabstand 30 mm, nicht wie sonst 20 mm, betrug, reducirt werden uud entspricht dann einem Werthe von 0,0033 Sec. Für die 16 Messungen von Taf. 2 und 3 finden sich die Werthe: ± 0,005 Sec. 10 Mal,

0 „ 5 „
— 0,015 „ 1 „

In Versuch IV sind 86 Messungen gemacht; die Werthe vertheilen sich auf die Einzelversuche in dieser mir als die gelungenste erscheinenden Versuchsreihe folgendermaassen:

± 0,010 Sec. 49 Mal (!)
± 0,005 „ 25 „
0 „ 7 „
— 0,015 „ 3 „
— 0,020 „ 2 „

Versuch V, in dem die Einzelwerthe jeder Tafel mit einander übereinstimmen, gab auf 5 Tafeln:

± 0,010 Sec. 3 Mal,
— 0,005 „ 2 „

Bei Versuch VI sind offenbar Messungsfehler vorgefallen; doch ist immerhin bemerkenswerth, dass unter den 28 Einzelmessungen der ersten Tafel die Zahl + 0,020 Sec. 11 Mal, + 0,010 Sec. 7 Mal, 0 Sec. 6 Mal vorkommt.

In Versuch VIII liegen sämmtliche 13 bestimmten Worte zwischen 0,004 und 0,015 Sec.

Danach kann es nicht zweifelhaft sein, dass man berechtigt ist, die gesuchte Zeitdifferenz zu ± 0,005 bis 0,010 Sec. anzugeben. Unter der Annahme, dass der gefundene Zeitunterschied darauf beruht, dass eine Erregungswelle von der Basis zur Spitze oder umgekehrt abläuft, würde sich deren Geschwindigkeit zu — 2 bis 4 m/sec — bestimmen.

Fraglich bleibt bei alledem, worauf es beruht, dass in manchen

Fällen ein merklicher Zeitunterschied nicht vorhanden ist, und wie es kommt, dass die supponirte Welle sowohl rechtläufig als rückläufig sein kann. Dass am isolirten Herzen die Rückläufigkeit das häufigere, in den späteren Stadien wohl das ausschliesslich Vorkommende ist, geht aus den mitgetheilten Protokollen hervor.

Fig. 11.

Secundäres Flimmern.

Von der uncoordinirten Thätigkeit des Herzens, die man als Wogen oder besser Flimmern des Herzmuskels bezeichnet, hat Kronecker (12) graphische Aufzeichnungen mitgetheilt, die vom linken Ventrikel des Hundeherzens mittelst Herzhäkchens und Faden auf ein Luftkapselsystem übertragen wurden.

Dass das Flimmern auch zu charakteristischen galvanischen Vorgängen führt, hat zuerst Fredericq (1) dargethan. Mittelst des registrirenden Capillarelektrometers hat er die entsprechenden Schwankungen aufzeichnen können. Neuerdings hat Battelli (13) auf photographischem Wege das Flimmern des Herzmuskels registrirt.

Bei Gelegenheit der im Vorangehenden mitgetheilten Versuche habe ich es einige Male unternommen, die ungeordneten Bewegungen des flimmernden Herzens auf ein Nervmuskelpräparat wirken zu lassen und dadurch Aufzeichnungen erzielt, die von der Eigen-

Fig. 12.

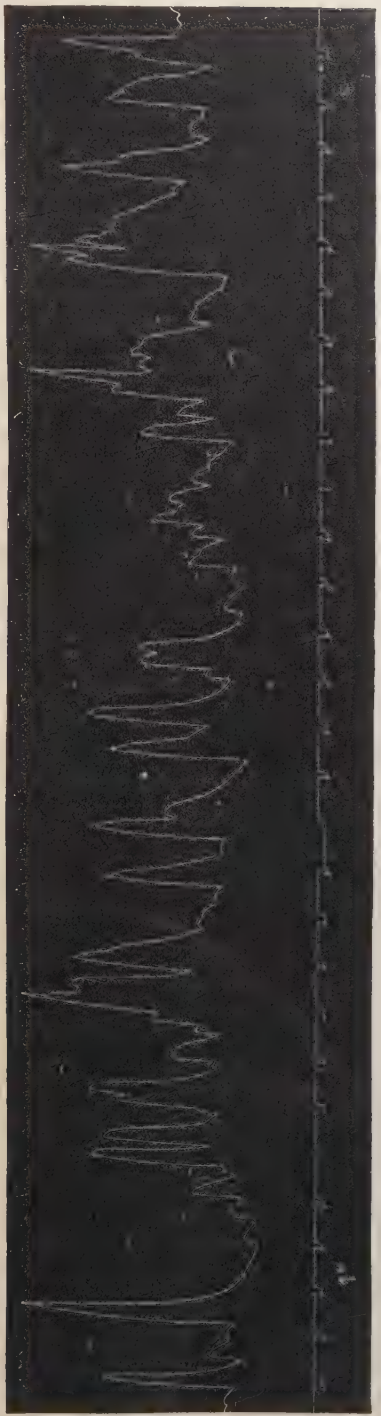

Fig. 13.

artigkeit dieser Form der Herzbewegung ein überaus charakteristisches Abbild geben. Nach dem Vorschlage von Herrn Prof. Langendorff bezeichne ich dieses Phänomen als secundäres Flimmern (nach Analogie der secundären Zuckungen und des secundären Tetanus). In Fig. 11, 12 und 13 theile ich drei bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Registrircylinders gewonnene Aufzeichnungen mit, von denen 11 und 12 demselben Herzen, Fig. 13 einem andern Versuch entstammen. Immer handelte es sich um das isolirte, künstlich gespeiste Katzenherz; das Flimmern war durch elektrische Tetanisirung hervorgebracht, das Herz wurde natürlich erst dann auf seine secundären Zuckungen geprüft, nachdem der elektrische Reiz längst entfernt war. Der Nerv des Froschpräparates lag bei diesen Versuchen meist quer über der linken Kammer. Zuweilen aber wurde ein Nerv über die Basis und zugleich ein anderer über die Spitze gebrückt; in noch anderen Fällen hat der Nerv der Länge nach der linken Kammer angelegen.

In allen Aufzeichnungen erkennt man an den secundären Zuckungen, in wie erheblicher Weise die Coordination der Herzthätigkeit gestört sein musste, wie zeitliche Aufeinanderfolge und Stärke der Einzelcontractionen einem regellosen Wechsel unterworfen waren.

Zum Schlusse dieser Mittheilungen sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Langendorff, meinen Dank auszusprechen für die Anregung zu diesen Untersuchungen und für die freundliche Unterstützung während derselben.

Literatur.

1) L. Fredericq, Sur les phénomènes électriques de la systole ventriculaire chez le chien. Bull. de l'Acad. roy. de Belgique (7eme série) t. 13 H. 5/6. 1887 und Travaux du Laboratoire. Liège t. 2 p. 133. 1887/88.

2) A. F. Waller und E. W. Reid, On the action of the excised mammalian heart. Philosoph. Transactions. Roy. Soc. London vol. 178 B p. 215. 1888.

3) A. F. Waller, On the electromotive changes connected with the beat of the mammalian heart and of the human heart in particular. Ibid. vol. 180 B. p. 169. 1889.

4) W. M. Bayliss and E. H. Starling, Electromotive phenomena of the mammalian heart. Proc. of the Roy. Soc. London vol. 50 p. 211.
— Dieselben, Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie Bd. 9 S. 256. 1892.
5) A. Kölliker nnd H. Müller, Nachweis der negativen Schwankung des Muskelstroms am natürlich sich contrahirenden Muskel. Verh. d. physical.-med. Gesellsch. in Würzburg Bd. 6 S. 528. 1856.
6) F. C. Donders, De secundaire contracties onder den invloed der systolen van het hart etc. Onderz. ged. in het Physiolog. Labor. der Utrechtsche Hoogeschool III R. Bd. 1 S. 246. 1872.
— Derselbe, Rustende spierstroom en secundaire contractie, uitgaande van het hart. Ibid. S. 256.
7) J. P. Nuël, Note sur les phénomènes électriques du cœur. Bull. Acad. roy. de Belgique (2ieme série) t. 26 p. 335. 1875.
8) E. J. Marey, La circulation du sang etc. p. 26. Paris 1881 und Travaux du Laboratoire t. 1 p. 47.
9) O. Langendorff, Untersuchungen am überlebenden Säugethierherzen. Dieses Archiv Bd. 61 S. 291. 1895.
10) Derselbe, Eine neue Vorrichtung zur Speisung des überlebenden Säugethierherzens. Sitzungsber. der naturf. Gesellsch. zu Rostock 1899 Nr. 6.
11) Derselbe, Eine neue Methode zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. der Erregung im Herzmuskel. Ibid. 1901 Nr. 1.
12) H. Kronecker, Ueber Störungen in der Coordination des Herzkammerschlages. Zeitschrift f. Biologie. XXXIV. Jubelband f. W. Kühne 1897. Fig. 1.
13) F. Battelli, Les trémulations fibrillaires du cœur chez les différentes espèces animales. Travaux du laborat. de physiol. Genève (dirigé par J. L. Prévost) t. 2 p. 22. 1900.

Lebenslauf.

Franz Karl Ludwig Johannes Friedrich Schlüter wurde am 14. Juli 1878 zu Wismar in Mecklenburg als jüngster Sohn des weiland Oberpostkassenbuchhalters a. D. Wilhelm Schlüter geboren. Er besuchte 1883—1885 die Wismaraner Grosse Stadtschule, 1885—1889 die Kieler Gelehrten-Schule, 1889—1897 das Gymnasium Fridericianum zu Schwerin in Mecklenburg, von wo er Ostern 1897 mit dem Zeugniss der Reife entlassen wurde. Zum Studium der Medicin begab er sich zunächst nach Rostock und absolvirte daselbst nach vier Semestern am 3. März 1899 das Tentamen physicum. Nach je einem weiteren Studiensemester zu Kiel und München kehrte er nach Rostock zur Beendigung des medicinischen Studiums zurück. Das Staatsexamen bestand er am 4. Februar 1902.